

مقدمه‌ای بر

تونل‌های باد

ما فوق صوت دما بالا

مؤلفین:

دکتر کرامت ملک‌زاده

کاظم پری‌بیکر

محمد صالح سلطانی نژاد

سرشناسه	ملک‌زاده فرد، کرامت/ ۱۳۴۷
عنوان و نام پدیدآور	مقدمه‌ای بر تونل‌های باد مافوق صوت دما بالا/ مولفین دکتر کرامت ملک‌زاده، کاظم پری‌پیکر، محمدصالح سلطانی‌نژاد
مشخصات نشر	کرج، الماس البرز، ۱۳۹۲
مشخصات ظاهری	۲۴۹ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک	۹-۸-۹۳۵۳۹-۶۰۰-۹۷۸-۰
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	تونل‌ها باد
شناسه افزوده	پری‌پیکر، کاظم، ۱۳۴۳
شناسه افزوده	سلطانی‌نژاد، محمدصالح، ۱۳۶۲
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ م ۷ ۹ ت / 567 TL
رده بندی دیویی	۶۲۹/۱۳۴۵
شماره کتابشناسی ملی	۳۲۶۷۸۳۶

مقدمه‌ای بر تونل‌های باد مافوق صوت دما بالا

مولفین: دکتر کرامت ملک‌زاده - کاظم پری‌پیکر - محمدصالح سلطانی‌نژاد

انتشارات الماس البرز

تیراژ: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

چاپ اول: ۱۳۹۲

شابک: ۹-۸-۹۳۵۳۹-۶۰۰-۹۷۸

تلفن همراه: ۰۹۱۲۶۹۶۳۶۲۱ نامبر: ۰۲۶-۳۲۴۰۰۳۶۳

ایمیل: aa_pub@yahoo.com سایت: aa-pub.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	۱۱
مقدمه	۱۵
فصل اول	۲۱
تاریخچه تونل باد	۲۲
کاربرد تونل‌های باد در صنایع مختلف	۲۵
انواع تونل باد	۲۹
دسته‌بندی انواع تونل‌های باد براساس عدد ماخ کاری	۲۹
دسته‌بندی انواع تونل‌های باد براساس روند کارکرد	۳۱
تونل باد مدار باز	۳۱
تونل‌های باد جریان لحظه‌ای	۳۳
انواع مختلف تونل‌های باد جریان لحظه‌ای	۳۳
تونل‌های بادمکشی	۳۴
تونل باد مدار بسته	۴۲
تونل‌های باد فشار - خلا (ترکیبی)	۴۵
تونل باد چرخشی	۴۷
تونل‌های باد با عدد رینولدز بالا	۴۷
انواع تونل‌های باد با کاربرد خاص	۴۸
تونل‌های باد مافوق صوت	۴۹
عملکرد تونل باد مافوق صوت	۵۴
تونل‌های باد ماوراء صوت از لحاظ گرمایشی	۵۷
فصل دوم	۵۹
دسته‌بندی تونل‌های باد ماوراءصوت از لحاظ گرمایشی	۶۰

۶۲	مدار کلی تونل باد ماوراء صوت
۶۷	لوله شوک
۷۷	نمونه‌ای از کاربرد تونل باد ماوراء صوت دما بالا
۸۱	فصل سوم
۸۱	روش‌های گرمایش در تونل‌های باد گرم
۸۲	بررسی تونل باد گرم از نظر تئوری لایه مرزی
۹۲	بررسی گرمکن‌های قوس الکتریکی
۹۲	گرمکن نوع هوولز
۹۴	گرمکن نوع چند بخشی
۹۵	گرمکن نوع منقبض شونده
۹۷	گرمکن نوع MPD
۹۸	گرمکن نوع ICP
۱۰۰	مقایسه گرمکن‌های قوس الکتریکی از نظر محدوده کاری
۱۰۱	گرمکن‌های مخزنی
۱۰۱	گرمکن بستر ریگی
۱۰۱	گرمکن‌های بستر ریگی مشعلی
۱۰۲	گرمکن‌های بستر ریگی الکتریکی نوع دوم
۱۰۴	معرفی تجهیزات و اجزاء گزینه‌های مختلف
۱۰۴	ساختمان و اجزاء گرمکن‌های قوسی
۱۰۸	گرمکن قوس الکتریکی نوع MPD
۱۰۸	گرمکن‌های قوس الکتریکی القایی ICP
۱۱۲	گرمکن‌های مخزنی گرم شونده مشعلی
۱۱۳	انتخاب گزینه‌های مناسب
۱۱۳	محدوده عدد ماخ گرمکن‌های قوس الکتریکی
۱۱۴	مدت زمان عملکرد تونل
۱۱۵	فشار سکون گرمکن
۱۱۶	دبی عبوری
۱۱۷	میزان آلودگی

۱۱۹	نوع الکترودها
۱۲۱	راندمان گرمکن
۱۲۲	نحوه نگهداری
۱۲۳	ابعاد
۱۲۳	۱- گرمکن های قوس الکتریکی هوولز:
۱۲۵	۲- گرمکن قوس الکتریکی نوع چند بخشی:
۱۲۷	گرمکن نوع منقبض شونده:
۱۲۸	گرمکن قوس الکتریکی نوع MPD
۱۲۹	گرمکن نوع ICP
۱۲۹	نوع سیال عامل مورد استفاده در هریک از گرمکن ها.
۱۳۰	۳- گرمکن نوع منقبض شونده:
۱۳۱	۴- گرمکن نوع MPD
۱۴۱	۵- گرمکن های نوع ICP
۱۴۳	فصل چهارم
۱۴۴	وسایل اندازه گیری در جریان ماوراء صوت
۱۴۷	وسایل اندازه گیری دقیق
۱۴۷	آشکارسازهای جریان
۱۵۰	دستگاه شیلیرین
۱۵۲	انواع سیستم های ساده شیلیرین
۱۵۲	سیستم شیلیرین تک آینه
۱۵۳	سیستم شیلیرین دو آینه
۱۵۳	اجزا سیستم شیلیرین
۱۵۴	تصویر رنگی شیلیرین
۱۵۵	دستگاه سایه نگار
۱۵۹	متابع نور سیستم سایه نگار
۱۵۹	دستگاه تداخل سنج
۱۶۱	الزامات طراحی تداخل سنج
۱۶۲	آشکارسازهای جریان سطحی
۱۶۲	الف) روش اتصال نخ

۱۶۳	ب) روش تبخیر مایع فرار
۱۶۴	ج) روش جریان روغن
۱۶۵	پیوست
۱۶۶	معرفی نرم افزار فلوئنت و گمبیت
۱۶۹	مقایسه روش های عددی با جریان واقعی و تحلیلی
۱۶۹	نرم افزار گمبیت (GAMBIT)
۱۷۰	شبکه
۱۷۴	گام های مدل سازی
۱۷۴	معرفی نرم افزار فلوئنت
۱۸۲	طرح ریزی تحلیل
۱۸۳	مراحل انجام حل مسئله
۱۸۳	اسامی شرایط مرزی در فلوئنت
۱۸۴	معرفی جریان های آشفته و مباحث لایه مرزی
۱۸۴	مقدمه ای بر روش های عددی
۱۸۵	۱-۱۳-۳ - اختلاف محدود
۱۸۶	۲-۱۳-۳ - حجم محدود
۱۸۶	۳-۱۳-۳ - اجزاء محدود
۱۹۶	روش Roc
۱۹۷	روش AUSM
۱۹۷	جریان غیر لزج
۱۹۷	تعبیر مربوط به جریان غیرلزج (Euler)
۱۹۸	نتایج حاصل از جریان غیرلزج
۱۹۸	جریان آرام
۲۰۰	جریان آشفته
۲۰۴	مدل های صفر معادله ای
۲۰۴	مدل های یک معادله ای
۲۰۵	مدل های دو معادله ای
۲۰۶	مدل $k-\varepsilon$

۲۰۷	مزایای این مدل
۲۰۸	مدل $k - \omega$
۲۰۸	معادله لزجت آشفتگی
۲۰۹	مدل‌های دارای معادله تنش یا RSM
۲۱۸	حل گر بر مبنای دانسیته
۲۲۱	۴- طراحی مفهومی و شبیه سازی عددی گرمکن‌های قوس الکتریکی
۲۳۴	۴-۲- محاسبه مقدار گرمایش مورد نیاز
۲۳۹	۴-۳- طراحی و استقلال پاسخ‌های حل عددی
۲۴۵	منابع و مراجع

یکم

«مَرِغَ اللّٰهُ الذِّیْنَ اَسْمَاکُمْ وَالذِّیْنَ اَوْفَوْا الْعِلْمَ دِجَارًا»
خداوند معام اهل ایمان و دانشمندان عالم را (در دو جهان) مَرِغ می گرداند.

(سوره مبارکه مجادل - آیه ۱۱)

بر هیچ کس پوشیده نیست که مطالعات و تحقیقات در زنجیره طراحی مهندسی نقشی اساسی دارد. چه این تحقیقات در زمینه تولید علم و تکنولوژی باشد و چه این که در زمینه تست و بررسی کارایی یک طرح مهندسی.

با پیشرفت تکنولوژی، ابزار مهندسی به عنوان یکی از ارکان بنیادی مطالعه و تحقّق، سرعت و دقت مطالعات و تحقیقات بنیادین و کاربردی را افزایش داده و به کشف واقعیات نهفته در جهان هستی کمک می کند. در یک تقسیم بندی اولیه این ابزار مهندسی را می توان به دو نوع ابزار سخت و ابزار نرم تقسیم نمود.

یکی از ابزار سخت تحقیقات علمی، تونل های باد هستند که در گستره وسیعی، از سرعت های بسیار پایین تا ماوراء صوت و فرا ابر صوت به کار گرفته می شوند. اگرچه اولین بار از تونل باد برای ساخت هواپیما بهره گرفته شد اما امروزه تونل های باد در سطح وسیعی از صنایع کاربرد دارد. از شهر سازی و شبیه سازی جریانات طبیعی درون جوی برای کنترل آلودگی هوا برای طراحی چیدمان ساختار شهری مطلوب گرفته، تا تست خوردروها، هواپیماها و فضاپیماها، همه و همه جزئی جدا ناپذیر از کاربردهای تونل باد محسوب می شوند هر چند که هنوز بیشترین کاربرد تونل باد را صنایع هوا و فضا به خود اختصاص داده است.

افزایش رو به رشد کاربرد تونل باد این ابزار مهندسی را هم به وسیله ای آموزشی تبدیل نموده است و هم ابزاری تفریحی، تا آنجا که در آموزش چتربازان ارتش از تونل های باد عمودی برای شبیه سازی شرایط واقعی پریدن چتربازان استفاده می شود و از طرف دیگر

ابزاری تفریحی برای مردمی است که علاقمند به تجربه پرش کنترل شده و در شرایط ایمن هستند.

هر فن‌آوری در کنار آثار مطلوبی که دارد آثار نامطلوب و ناخواسته هم دارد که برخی به فضای پیرامونی آن بر می‌گردد و برخی نیز خود آن فن‌آوری را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. تونل‌باد نیز از این موضوع مستثنی نیست. یکی از پدیده‌های نامطلوب تونل‌های باد به خصوص تونل‌های باد مافوق صوت و فرا‌ابر صوت که فعالیت این نوع از تونل‌های باد و نتایج تست آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد، پدیده چگالش است که موجب میعان در تونل‌باد می‌شود. اعم از این که میعان مربوط به بخار آب موجود در هوا باشد یا میعان ناشی از گازهای محلول در هوا که در اثر سایر پدیده‌ها مانند امواج ضربه و ... در تونل‌باد به وجود می‌آید. حل این مشکل، موضوعی را در تونل‌های باد با عنوان گرمایش تونل‌های باد ایجاد کرده که موجب ساخت تونل‌های باد گرم شده است. ساخت این نوع از تونل‌های باد لزوم طراحی و ساخت گرم‌کننده‌ها را به وجود آورده است. از آنجا که ابزار گرم‌کننده تونل‌های باد دارای تنوع می‌باشند، تونل‌بادهای گرم نیز متنوع می‌باشند. یکی از مهم‌ترین ابزار گرم‌کننده، گرمکن‌های قوس الکتریک می‌باشد.

ابزار نرم مورد کاربرد در تونل‌های باد متنوع بوده اما آن ابزاری که در کنار تونل‌های باد کارویژه خاص خود را دارد، نرم‌افزارهای رایان‌های هستند که CFX و Fluent جزء پرکاربردترین آن‌ها هستند. این نرم‌افزارها علاوه بر به کارگیری در کنار تحقیقات در تونل‌باد، به کمک طراحان آمده و در طراحی تونل‌های باد به خصوص تونل‌بادهای گرم نیز به کار گرفته می‌شوند. بنابراین پرداختن به این نرم‌افزارها در روند مطالعاتی طراحی تونل‌بادهای خالی از لطف نیست در این کتاب در انتها به طراحی مفهومی یک گرمکن با این روش پرداخته شده است.

روند رو به رشد علوم و تمایل به توسعه فن‌آوری‌های پیشرفته در کشورمان و نیز توجه مجموعه‌های دانشگاهی به توسعه تونل‌های باد، خلأ وجود منابع فارسی برای آشنایی محققین به خصوص دانشجویان را محسوس می‌کند.

این کتاب در ۴ فصل تدوین گردیده است؛ در فصل اول انواع تونل‌های باد تشریح شده است. در فصل دوم بررسی و دسته‌بندی انواع تونل‌های باد ماوراء صوت در فصل سوم به معرفی تونل‌های باد گرم و آثار و پدیده‌های آن پرداخته شده. در فصل چهارم شامل ابزار و وسایل اندازه‌گیری می‌شود که در تونل‌های باد کاربرد دارند. انجام شده است. طراحی مفهومی گرمکن‌های قوس الکتریک با روش عددی در پیوست آورده شده است.

امید که این کتاب بتواند گامی هر چند کوچک در توسعه علم و فن‌آوری در جامعه علمی و صنعتی جمهوری اسلامی ایران به خصوص سازمان صنایع هوایی بوده و در رشد و تعالی میهنمان موثر واقع شود.

از آنجا که مطالب این کتاب خالی از اشکال نیست، از خوانندگان محترم درخواست می‌شود که مولفین را در اصلاح و تکمیل مطالب کتاب یاری رسانند.

در پایان برخود لازم میدانیم مصداق شاگرد و مشکور از همکاری و همیاری همه کسانی که در تألیف این کتاب مولفین را یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نماییم.

دکتر کرامت ملک‌زاده

کاظم پری‌پیکر

محمد صالح سلطانی‌نژاد